

**Correlações entre Características
para Processamento em
Progenies Meio-irmãs de Cenoura**



Foto: Jairo Vidal Vieira

ISSN 1677-2229

Maio, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 125

Correlações Entre Características para Processamento em Progênes Meio-irmãs de Cenoura

Giovani Olegário da Silva

Jairo Vidal Vieira

Leonardo Silva Boiteux

Agnaldo Donizete Ferreira da Carvalho

Embrapa Hortaliças
Brasília, DF
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9

Caixa Postal 218

Brasília-DF

CEP 70.351-970

Fone: (61) 3385.9000

Fax: (61) 3556.5744

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

www.embrapa.br

Comitê Local de Publicações da Embrapa Hortaliças

Presidente: *Warley Marcos Nascimento*

Editor Técnico: *Ricardo Borges Pereira*

Supervisor Editorial: *George James*

Secretária: *Gislaine Costa Neves*

Membros: *Miguel Michereff Filho*

Milza Moreira Lana

Marcos Brandão Braga

Valdir Lourenço Júnior

Daniel Basílio Zandonadi

Caroline Pinheiro Reis

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Mirtes Freitas Lima

Normalização bibliográfica: *Antonia Veras de Souza*

Editoração eletrônica: *André L. Garcia*

1ª edição

1ª impressão (2015): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Hortaliças

Silva, Giovane Olegário da

Correlações entre características de processamento em progênies meio-irmãs de cenoura / Giovani Olegário da Silva ... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2015.

16 p. ; 14,8 cm x 21 cm. - (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229; 125).

1. Cenoura. 2. Melhoramento genético vegetal. 3. Características agrônomicas. 4. Variedade Alvorada. 5. Variedade resistente. I. Vieira, Jairo Vidal. II. Boiteux, Leonardo Silva. III. Carvalho, Agnaldo Donizete Ferreira de. III. Título. IV. Série.

CDD 635.13 (21. ed.)

Sumário

Resumo	7
Abstract.....	9
Introdução.....	11
Material e Métodos.....	12
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões.....	16
Referências	16

Correlações entre Características para Processamento em Progênes Meio-irmãs de Cenoura

Giovani Olegário da Silva¹

Jairo Vidal Vieira²

Leonardo Silva Boiteux³

Aginaldo Donizete Ferreira da Carvalho⁴

Resumo

A estimativa de parâmetros genéticos associados com caracteres de processamento de produtos cortados e frescos incluindo o comprimento de raiz (COM), é crucial para programas de melhoramento de cenoura em áreas tropicais. A cultivar Alvorada é um acesso importante do germoplasma de cenoura devido a características agrônômicas de interesse, tais como a resistência a nematóides e queima-das-folhas, tolerância ao calor e alto conteúdo de carotenoides.

¹ Engº. Agrº., D. Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

² Engº. Agrº., D. Sc. em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

³ Engº. Agrº., Ph.D. em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

⁴ Engº. Agrº., D. Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Setenta e quatro progênies meio-irmãs derivadas de 'Alvorada' foram avaliadas durante o verão de 2005 no Distrito Federal, Brasil, em blocos casualizados com três repetições. Em cada bloco, treze plantas competitivas foram selecionadas ao acaso e avaliadas para comprimento da raiz (COM), número de folhas (NF), comprimento de folhas (CF), tipo de ponta de raiz (TIP), massa de raiz (MAS), formato do ombro da raiz (CS), diâmetro da raiz (DR) e diâmetro do xilema (DX). Foi estimada a correlação entre os caracteres e realizada a análise de trilha, considerando COM como a variável principal. Os valores observados para as correlações fenotípicas e genotípicas entre todos os caracteres variaram de baixos a intermediários. A análise de trilha indicou efeito positivo para a relação entre COM e MAS, muito embora DR e DX tivessem efeitos diretos negativos em COM. Maiores raízes apresentaram menores DR e menores DX.

Termos de indexação: *Daucus carota*, análise de trilha, comprimento de raiz.

Correlations Estimates of Processing Traits in Half-sisters Carrot Progenies

Abstract

Alvorada is an important cultivar from the carrot germplasm bank due to its resistance to nematodes, leaf blight, heat tolerance, and high carotenoid content. Seventy-four 'Alvorada' half-sib progenies were evaluated during the summer of 2005 at the Federal District, Brazil, in a randomized complete block design with three replications. A total of 13 competitive plants in each block were randomly selected and evaluated and/or classified for root length (COM), number of leaves (NF), leaf length (CF), root tip type (TIP), root mass (MAS), crown shape (FOR), root diameter (DR), and xylem diameter (DX). The correlation coefficients were estimated with path analysis technique, with COM as the main trait. Phenotypic and genotypic correlations among all traits varied from low to intermediate. Path analysis indicated positive direct relationship between COM and MAS, whereas DR and DX displayed negative direct effect on COM. Genotypes with longer roots had narrower RD and DX.

Index terms: *Daucus carotae*, trait analysis, root length.

Introdução

O desenvolvimento de cultivares de cenoura com adaptação ao calor em áreas tropicais tem sido um dos principais esforços dos programas de melhoramento genético dessa cultura conduzidos no Brasil (SILVA et al., 2010). A cultivar Brasília (VIEIRA et al., 1983), foi o lançamento mais importante do programa de melhoramento genético de cenoura da Embrapa Hortaliças, que teve início em 1981. Logo após seu lançamento, a cultivar 'Brasília' passou a ser amplamente cultivada na época de verão em áreas tropicais e subtropicais do país. A posição preponderante da cultivar no mercado sustenta-se, principalmente, em função do seu alto potencial de rendimento, tolerância ao calor, e altos níveis de resistência ao complexo da queima-das-folhas, permitindo o cultivo durante a estação chuvosa / quente com menor utilização de agroquímicos (BOITEUX et al, 1993; VILELA, 2008).

O lançamento da 'Brasília' e as melhorias no sistema de manejo da cultura foram responsáveis pelo aumento de mais de 150% na produção brasileira de cenoura. Mais recentemente, três novas cultivares, 'Alvorada', 'BRS Esplanada' e 'BRS Planalto', foram desenvolvidas utilizando 'Brasília' como germoplasma básico. 'Alvorada' tem desempenho superior em relação à 'Brasília' em algumas características importantes, como menor incidência de ombro verde, níveis mais elevados de resistência às espécies de nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp.) (VIEIRA et al., 2003), e 35% a mais (ou seja, cerca de 110 mg.g⁻¹) de carotenoides totais. Tais características indicam que 'Alvorada' é um recurso genético potencialmente útil para programas de melhoramento de cenoura.

O melhoramento genético visando maior comprimento de raízes, em germoplasma adaptado ao clima tropical, é de grande relevância para o processamento industrial. Portanto, uma boa caracterização do germoplasma para esse caráter pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de cultivares adequadas ao processamento de cenouras cortadas e descascadas, em que raízes mais compridas proporcionam maior rendimento. A determinação da associação entre esse caráter e os demais caracteres quantitativos relevantes são informações essenciais

para a definição de estratégias de melhoramento mais eficazes e para a previsão de respostas correlacionadas em função da seleção indireta (NYQUIST, 1991; ALVES et al., 2004; VILELA, 2008; SILVA et al., 2009). Os principais objetivos do presente trabalho foram estimar as correlações fenotípicas e genotípicas entre um conjunto de caracteres quantitativos e o comprimento da raiz; e realizar uma análise de trilha entre os caracteres correlacionados geneticamente com o comprimento da raiz, em progênie derivadas da cultivar Alvorada.

Material e Métodos

Um total de 74 progênie de meio-irmãs, obtidas a partir da cultivar 'Alvorada', foram avaliadas em condições de campo durante a estação de verão (janeiro-abril) de 2005. O experimento foi conduzido na estação experimental da Embrapa Hortaliças, em um delineamento em blocos casualizados com três repetições, em parcelas de quatro linhas de 1 metro linear (20 plantas por linha) espaçadas de 20 cm. Na colheita, um total de 13 plantas competitivas, em cada bloco, foram selecionadas aleatoriamente e avaliadas e/ou classificados para as seguintes características: número de folhas (NF); comprimento da folha (CF); massa de raízes (MAS); comprimento da raiz (COM); formato do ombro (FOR), usando o sistema de classificação descrito na Figura 1;

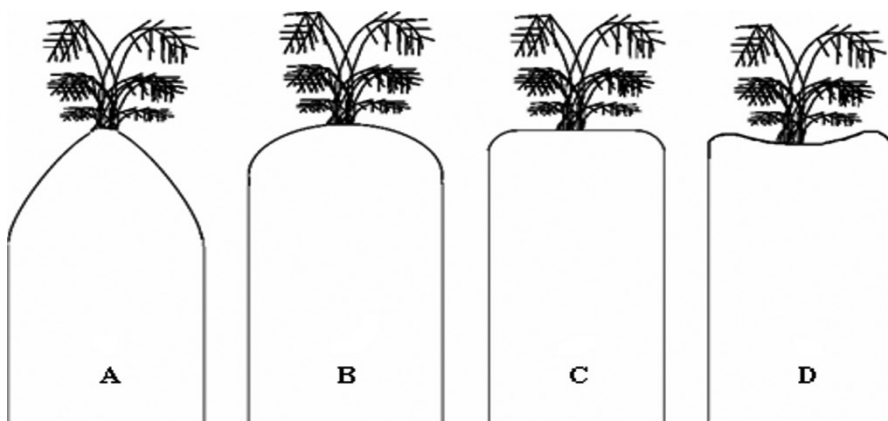


Figura 1. Formato do ombro: (A) cônico, (B) arredondado, (C) plano, e (D) côncavo.

tipo ponta da raiz (TIP), utilizando o sistema de classificação descrito na Figura 2; o diâmetro da raiz (DR) e diâmetro do xilema (DX). Foram estimadas as correlações fenotípicas e genotípicas entre os caracteres e realizada análise de trilha, considerando COM como variável principal conforme Cruz et al., (2004). Foi utilizado o programa estatístico Genes (CRUZ, 2001).

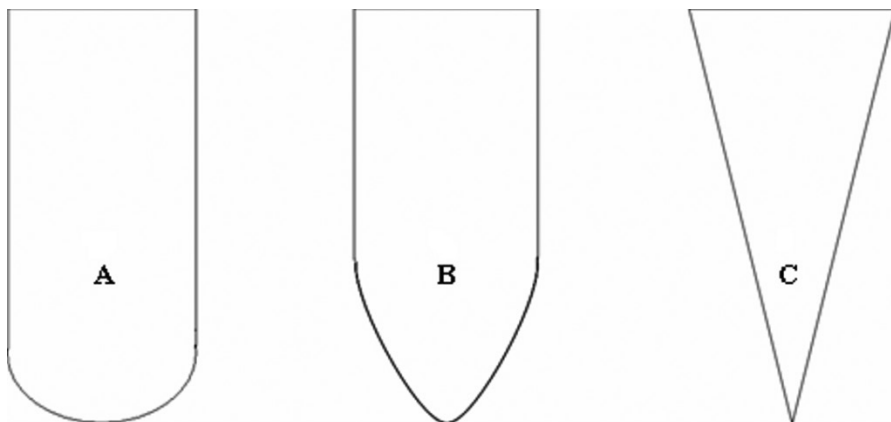


Figura 2. Formato da ponta da raiz: (A) arredondada, (B) levemente apontada, e (C) apontada.

Resultados e Discussão

As correlações fenotípicas e genotípicas entre os caracteres de folhas e raízes entre as famílias de meio-irmãs, derivadas de 'Alvorada' foram em geral de magnitude baixa a intermediária, indicando que os principais fatores genéticos que controlam essas características são independentes ou fracamente ligados. As matrizes de correlações fenotípicas e genotípicas entre as famílias de meio-irmãs, derivadas de 'Alvorada', para os caracteres COM, NF, CF, MAS, DR, TIP, FOR, e DX, indicaram que é possível obter avanços com a seleção a partir desse germoplasma, visando características agrônomicas desejáveis para o processamento industrial, principalmente maior comprimento de raiz (Tabela 1). No entanto, é importante destacar que existem correlações fenotípicas e genotípicas mais fortes entre MAS e DR (0,56

e 0,86, respectivamente), que entre outras características. A indicação de que o maior DR está associado à maior MAS está de acordo com os resultados verificados por McCollum (1971), que obteve correlação de 0,87.. Alves et al. (2004) estimaram um valor de correlação de 0,54 entre essas características em famílias provenientes da cultivar 'Brasília'; corroborando com Natarajam e Arumagan (1980), que verificaram que DR e MAS foram positivamente correlacionados em germoplasma de cenoura proveniente da Índia.

A análise de trilha permite um desdobramento dos coeficientes de correlação simples em efeitos diretos e indiretos, o que proporciona uma melhor compreensão das relações de causalidade entre as características. A forte associação entre COM e MAS foi observada pelo elevado efeito direto na análise de trilha (Tabela 2), conforme observado por Silva et al. (2009), indicando que o caráter comprimento pode ser utilizado na seleção indireta, juntamente com outros caracteres correlacionados, para favorecer maior MAS. A fraca correlação entre COM e NF foi devido ao efeito indireto de MAS, o que é um forte indício de que essas características não possuem associação forte. Os caracteres DR e DX apresentaram correlação

Tabela 1. Correlações fenotípicas, acima da diagonal, e genotípicas, abaixo da diagonal, entre as características foliares e radiculares: número de folhas (NF), comprimento da folha (CF), massa da raiz (MAS), comprimento da raiz (COM), diâmetro do xilema (DX) e ponta da raiz (TIP), avaliadas em 74 progênie derivadas da cultivar de cenoura Alvorada. Embrapa Hortaliças, 2005.

	NF	CF	MAS	COM	DR	DX	TIP
NF	1,000	0,280 *	0,283 *	0,257 *	0,259 *	-0,067	0,025
CF	0,333 *	1,000	0,130	0,020	0,010	0,000	-0,200
MAS	0,451 *	0,200	1,000	0,546 *	0,557 *	0,527 *	-0,150
COM	0,423 *	0,040	0,507 *	1,000	0,150	0,148	-0,034
DR	0,287 *	0,021	0,865 *	0,215	1,000	0,220	-0,114
DX	-0,231	-0,040	0,449 *	-0,040	0,684 *	1,000	0,221
TIP	-0,152	-0,260 *	-0,050	0,044	-0,240	0,685 *	1,000

*Significativo pelo teste T (5%).

genética mediana entre si e mostraram efeito direto negativo sobre o COM, o que indica que as raízes mais longas têm menor DR e menor DX, indicando situação desfavorável à seleção. A análise de correlação não demonstrou essa associação negativa devido ao efeito indireto da MAS, que foi correlacionada com o DR e DX. Este resultado pode ser explicado devido ao padrão do crescimento das raízes de cenoura, isto é, primeiro crescem em comprimento e só depois em diâmetro (ESAU, 1940; BRANCO e STRANDBERG, 1978). Portanto, raízes curtas aumentam de diâmetro mais rapidamente que as alongadas. Na análise de trilha, após desinflacionar o efeito da correlação positiva observada entre TIP e DX, também foi possível demonstrar que a TIP tem efeito direto e positivo sobre COM, ou seja, raízes com pontas mais próximas do tipo C (Figura 2) apresentam maior COM (0,32), o que, considerando a preferência do consumidor brasileiro por raízes com pontas mais arredondadas, é um resultado desfavorável para a seleção (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de trilha para comprimento da raiz (COM) e as características: número de folhas (NF), comprimento da folha (CF), massa da raiz (MAS), diâmetro do xilema (DX) e ponta da raiz (TIP) em populações meio-irmãs de cenoura derivadas da cultivar Alvorada. Fonte: Embrapa Hortaliças (2005).

Caracteres	Efeito indireto*					Efeito direto**	
	NF	CF	MAS	DR	DX	TIP	
NF		0,006	0,408	-0,083	0,111	-0,048	0,026
CF	0,009		0,184	-0,112	0,017	-0,083	0,021
MAS	0,002	0,004		-0,263	-0,215	-0,016	0,900
DR	0,006	0,006	0,629		-0,170	-0,067	-0,378
DX	-0,006	-0,001	0,407	-0,134		0,218	-0,480
TIP	-0,004	-0,005	-0,045	0,080	-0,329		0,318

*Efeito indireto dos caracteres da linha (NF, CF, MAS, DR, DX e TIP) nos caracteres da coluna. **Efeito direto dos caracteres da coluna no comprimento da raiz (COM). R²: 0,75.

Cenoura é um dos poucos vegetais de importância econômica que acumula grandes quantidades dos mais importantes precursores provitamina A: β -caroteno e α -caroteno (SIMON e WOLFF, 1987). Materiais derivados do germoplasma 'Brasília' têm sido cultivados com sucesso em vários países tropicais, onde a deficiência desta vitamina ainda é um dos mais graves problemas alimentares. No entanto, o melhoramento genético deste germoplasma para maior COM seria um passo adicional para o desenvolvimento de uma nova geração de cultivares adaptadas aos climas tropicais com formato de raiz e teor de carotenoides adequados para a indústria de processamento de cenouras cortadas e descascadas.

Conclusões

Há forte associação entre o comprimento da raiz (COM) e a massa da raiz (MAS).

Raízes mais longas têm menor diâmetro da raiz (DR) e menor diâmetro do xilema (DX).

Raízes mais apontadas (TIP) apresentam associação positiva com o comprimento da raiz (COM).

Referências

ALVES, J. C. S.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V.; BOITEUX, L. S. Estimativas de parâmetros genéticos para um conjunto de caracteres de raiz e folhagem em populações de cenoura derivadas da cultivar Brasília. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 475-480, jul. 2004. Suplemento.

BOITEUX, L. S.; DELLA-VECCHIA, P. T.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Heritability estimate for resistance to *Alternaria dauci* in carrot. **Plant Breeding**, Berlin, v. 110, p. 165-167, 1993.

CRUZ, C. D. **Programa genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.

ESAU, K. Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus carota*. **Hilgardia**, Berkeley, v. 13, n. 5, p. 175-226, 1940.

MCCOLLUM, G. D. Greening of carrot roots (*Daucus carota* L.): estimates of heritability and correlation. **Euphytica**, Wageningen, v. 20, n. 4, p. 549-560, Nov. 1971.

NATARAJAN, S.; ARUMUGAN, R. Association analysis of yield and its components in carrot (*Daucus carota* L.). **Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v. 67, n. 9, p. 594-597, 1980.

NYQUIST, W. E. Estimation of heritability and prediction of selection response in plant populations. **Critical Reviews in Plant Science**, Boca Raton, v. 10, n. 3, p. 235-322, 1991.

PRASAD, A.; PRASAD, L. Genotypic and phenotypic variability in a collection of carrot varieties. **Progressive Horticulture**, Chaubattia, v. 11, p. 21-25, 1978.

SILVA, G. O. da; VIEIRA, J. V.; VILELA, M. S. Seleção de caracteres de cenoura cultivada em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, p. 595-601, 2009.

SILVA, G. O. da; VIEIRA, J. V.; NASCIMENTO, W. M. Estratégias de seleção para germinação de sementes de cenoura em alta temperatura. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, p. 60-65, 2010.

SIMON, P. W.; WOLFF, X. Y. Carotenes in typical and dark orange carrots. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 35, p. 1017-1022, 1987.

VIEIRA, J. V.; DELLAVECHIA, P. T.; IKUTA, H. Cenoura 'Brasília'. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 1, n. 2, p. 42, 1983.

VIEIRA, J. V.; CHARCHAR, J. M.; ARAGÃO, A. S. F.; BOITEUX, L. S. Heritability and gain from selection for field resistance against multiple root-knot nematode species (*Meloidogyne incognita* race 1 and *M. javanica*) in carrot. **Euphytica**, Wageningen, v. 130, p. 11-16, 2003.

VILELA, M. S. **Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de cenoura em sistemas de cultivo agroecológico**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

WHITE, J. M.; STRANDBERG, J. O. Early root growth of carrots in organic soil. **Journal of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 103, p. 344-347, 1978.

